

8. Темлянцев М.В., Олендаренко О.Д., Темлянцева Е.Н. Исследование влияния защитных покрытий на интенсивность окисления и обезуглероживания рельсовой стали при высокотемпературном нагреве под прокатку // Вестник горно-металлургической секции Российской академии наук. Отделение металлургии. – 2009. – № 23. – С. 75 – 79.
9. Темлянцев М.В., Михайленко Ю.Е. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением. – М.: Теплотехник, 2006. – 200 с.
10. Перспективные технологии тепловой и термической обработки в производстве рельсов / В.В. Павлов, М.В. Темлянцев, Л.В. Корнева, А.Ю. Сюсюкин. – М.: Теплотехник, 2007. – 280 с.
11. Нагрев стальных слябов / Перетятко В.Н., Темлянцев Н.В., Темлянцев М.В., Михайленко Ю.Е. – М.: Теплотехник, 2008. – 192 с.
12. Разработка металлосберегающих режимов нагрева в методических печах непрерывнолитых заготовок стали марки 60С2ХА / Темлянцев М.В., Коноз К.С., Дзюба А.Ю., Уманский А.А., Темлянцев Н.В. // Известия вузов. Черная металлургия. – 2015. – № 8 (58). – С. 545 – 549.
13. Темлянцев М.В., Темлянцев Н.В. Исследование химического состава окалины пружинной стали 60С2 // Известия вузов. Черная металлургия. – 2005. – № 2. – С. 75, 76.
14. Темлянцев М.В., Темлянцев Н.В. Высокотемпературное окисление и обезуглероживание кремнистых пружинных сталей // Заготовительные производства в машиностроении. – 2005. – № 3. – С. 50 – 52.
15. Применение покрытий для защиты рессорно-пружинной стали марки 60С2ХА от окисления и обезуглероживания при нагреве под прокатку / Темлянцев М.В., Дзюба А.Ю., Темлянцева Е.Н., Коноз К.С., Живаго Э.Я., Горюшкин В.Ф. // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. – 2015. – № 35. – С. 38 – 43.

УДК 621.365.412

О. С. Кощеева, В. И. Матюхин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ШАХТНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ОБЖИГА СИДЕРИТОВ

Аннотация

При обжиге сидеритовых руд в шахтных газовых печах наблюдается существенная неравномерность температурного и скоростного полей на всех горизонтах слоя. Условия теплообмена в подогревательной зоне отличается низкой интенсивностью при изменении отношения W_m/W_z в интервале от 0,3 в районе выхода из топки до 0,97 на противоположной стороне канала с образованием отходящих газов при температуре около 230°С и смешением их основной массы в сторону отсоса. Максимальные температуры теплоносителя наблюдаются в районе его подачи из топки. В зонах охлаждения наилучшие условия для снижения температуры материалов наблюдаются в периферийной области наиболее удаленной от подачи теплоносителя.

В работе изучена тепловая и газодинамическая работа шахтной печи обогащательной фабрики Бакальского рудоуправления. Проанализировано изменение температурного поля на уровне засыпи слоя и жаровых каналов. Полученные данные позволяют принять оптимальное решение по снижению энергетических затрат за счет более эффективной организации движения газов в обжиговом агрегате.

Ключевые слова: шахтная печь, сидеритовые руды, кинетика обжига, неравномерность температурного и скоростного полей, движение газов.

Abstract

When siderite ores calcining in shaft furnaces gas there is a significant non-uniformity of temperature and velocity fields in all horizons of the layer. Conditions of heat exchange in the heating zone is a low intensity when changing attitudes W_m/W_g in the range from 0.3 in the region of the exit from the furnace to 0.97 on the opposite side of the channel with the formation of exhaust gases at a temperature of about 230 °C and mixing them with the main mass in the direction of suction. The maximum temperature observed in the region of its flow from the furnace. In the cooling zones best conditions for Nigeria temperature materials observed in the peripheral area farthest from the boiler.

In the paper we study the thermal and gas-dynamic operation of the shaft furnace concentrator Bakal mining administration. Analyzed the change of the temperature field at the level of the mound and a layer of flame channels. The data obtained allow to make the best decision on reduction of energy costs through more efficient movement of gases in the kiln unit.

Keywords: shaft furnace, siderite ones of ore, kinetics of roasting, the uniformity of temperature and velocity fields, the motion of gases.

Бакальское месторождение железных руд является одним из крупнейших в Уральском регионе и составляет основу рудной базы ведущих предприятий черной металлургии региона. Действующая технология переработки сидеритовых руд [1] предполагает организацию первоначальной стадии окислительного обжига фракции 13 - 80 мм в шахтных печах в потоке дымовых газов (рис. 1) с получением товарной продукции в виде обожженного концентрата сидерита после магнитной сепарации и дробления.

Шахтная печь – промышленная печь с вытянутым вверх рабочим пространством квадратного поперечного сечения 3х3м, предназначенная для обжига сидеритовой руды. Тепло, необходимое для протекания процессов обжига, получают путём сжигания природного газа в трех горелках типа ГНП-9 в выносной топке, расположенной сбоку от печи. Теплоноситель подается навстречу опускающимся при разгрузке нагреваемым материалам. Образованный общий газовый поток продуктов сгорания распределяется по пяти горизонтальным жаровым каналам с поперечным сечением 240х1000мм за исключением первого и пятого каналов сечением 120х1000мм. Через боковую перфорированную поверхность каналов газы выходят в рабочее пространство печи и распределяются по его объему. Удаление газов из печи осуществляется из пространства над слоем загруженной шихты при помощи дымососа через патрубки, установленные в своде ближе к противоположной стороне от топки.

Исходная шихта в виде отдельных рудных кусков подается в верхней части рабочего пространства печи через две точки, расположенные по центру его горизонтального сечения. После обжига материалов в потоке дымовых газов они поступают в зоны охлаждения 1 и 2, разделенных по высоте воздушным промежутком. Поступающий в зону охлаждения 1 через боковой разрыв по периметру корпуса печи за счет разрежения дымососа атмосферный воздух, омывает слой обожженных материалов, охлаждает его с повышением своей температуры. Горячий газовый поток поступает снизу в промежутки между жаровыми каналами, где перемешивается с продуктами факельного сжигания газа из топки, обеспечивая среднюю температуру обжига около 1000–1050°С. Фильтруясь через слой шихты, горячие газы осуществляют процесс обжига сидерита.

Завершение процесса охлаждения обожженных материалов производится в зоне охлаждения 2, разделенной по вертикали на четыре бункера, с поступлением в нее воздуха через боковые решетки корпуса печи за счет разрежения, создаваемого отдельным вентилятором в верхней части этой зоны.

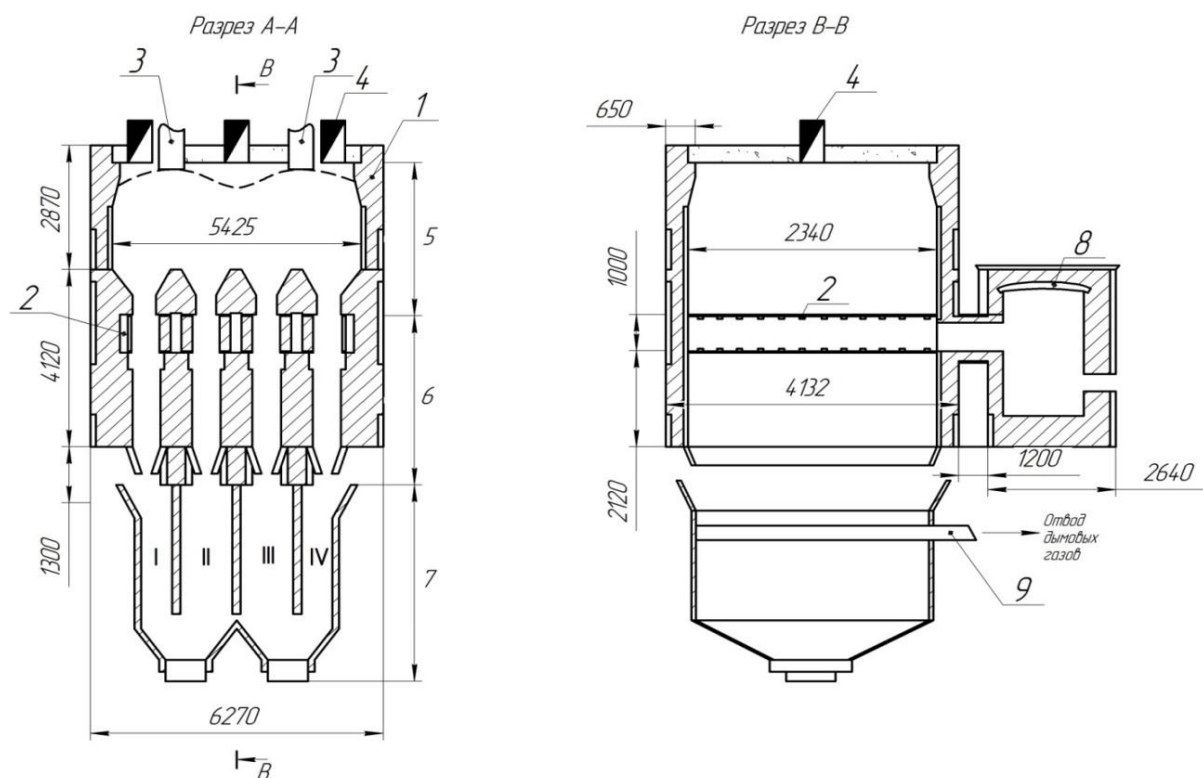


Рис. 1. Схема вертикального разреза шахтной печи для обжига сидеритовой руды:

- 1 – шахтная печь; 2 – керны с жаровыми каналами для подачи теплоносителя;
 3 – патрубки загрузки шихты; 4 – коробка для отвода дымовых газов;
 5 – подогревательная зона печи; 6 – зона охлаждения 1; 7 – зона охлаждения 2; 8 – топка;
 9 – отвод газов из зоны охлаждения 2; I, II, III, IV номера бункеров зоны охлаждения 2.

Исследования шахтной печи проводились в стационарном режиме на печи № 7 первого блока. Было установлено, что производительность обжигового агрегата по исходному сидериту составила в пределах 10,5–11,5 т/ч, а по обожженному продукту – 7,9 т/ч с пониженным выходом обожженного сидерита до 72 %. Расход природного газа на печь производили по показаниям стационарного расходомера, который в период испытаний составил 300 м³/ч.

Для оценки теплового состояния обжиговой печи были выполнены исследования теплового и газодинамического режимов работы шахтной обжиговой печи № 7 первого блока с контролем следующих параметров: расхода природного газа и воздуха, подсосов воздуха, атмосферного давления, объема отходящих газов и их химического состава, разрежения в печи как по высоте слоя, так и по сечению агрегата, температуры слоя материалов по сечению агрегата на уровне засыпи, по жаровым каналам и на выходе из зоны охлаждения.

Экспериментальные данные о результатах измерений технологических параметров слоя на уровне засыпи (табл. 1) позволили установить, что условия теплообмена в подогревательной зоне шахтной печи отличаются низкой интенсивностью с превышением теплоемкости потока газов W_g , равной произведению теплоемкости газов на их расход, над теплоемкостью потока материалов W_m , определяемым как произведение теплоемкости исходных материалов на их расход при изменении их отношения W_m/W_g в интервале от 0,3 при подаче теплоносителя из топки до 0,97 на противоположной стороне канала. Это свидетельствует о низкой интенсивности теплообмена в подогревательной зоне с образованием потока отходящих газов с повышенной до 230°C температурой отходящих газов.

Таблица 1

| Результаты измерений на уровне засыпи шихты | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-----------------|--------|--------------------------|-----------------|-------|-------------------------|-------|-----------------------|-------|
| Номер точки | Состав газа, % | | | Высота точки от свода, м | Температура, °C | | Разрежение, мм.вод. ст. | | Соотношение W_M/W_G | |
| | O ₂ | CO ₂ | CO | | °C | % | мм вод.ст. | % | Доли ед. | % |
| 1 | 18,1 | 1,7 | 0,0059 | 2,2 | 306 | 45,62 | -78,16 | 2,81 | 0,69 | 12,66 |
| 2 | 17,7 | 1,8 | 0,0140 | 2,2 | 332 | 57,99 | -78,08 | 2,78 | 0,67 | 17,91 |
| 3 | 15,4 | 3,2 | 0,0787 | 1,4 | 64 | 68,29 | -71,34 | 6,16 | 0,94 | 18,99 |
| 4 | 10,1 | 6,5 | 0,2042 | 2,22 | 339 | 61,32 | -76,85 | 0,01 | 0,66 | 16,46 |
| 5 | 11,2 | 5,5 | 0,0191 | 1,53 | 128 | 39,09 | -71,50 | 5,95 | 0,87 | 10,13 |
| 6 | 13,4 | 4,2 | 0,1166 | 1,6 | 170 | 19,10 | -72,26 | 4,95 | 0,83 | 5,06 |
| 7 | 8,2 | 7,0 | 0,2956 | 1,8 | 132 | 3,71 | -83,97 | 10,45 | 0,87 | 10,13 |
| Среднее | 13,44 | 4,3 | 0,1046 | 1,85 | 210,14 | 42,16 | -76,02 | 4,73 | 0,79 | 13,05 |

Результаты исследований состояния слоя на уровне засыпи представлены на рис. 2. Их анализ показал, что распределение температуры и скоростей движения газов в слое на этом горизонте отличается существенной неравномерностью. При средней температуре отходящих газов 210,14 °C в слое были выделены две области (слева и справа от ввода теплоносителя) с пониженной температурой, что характеризуется практически полным отсутствием движения газов в них.

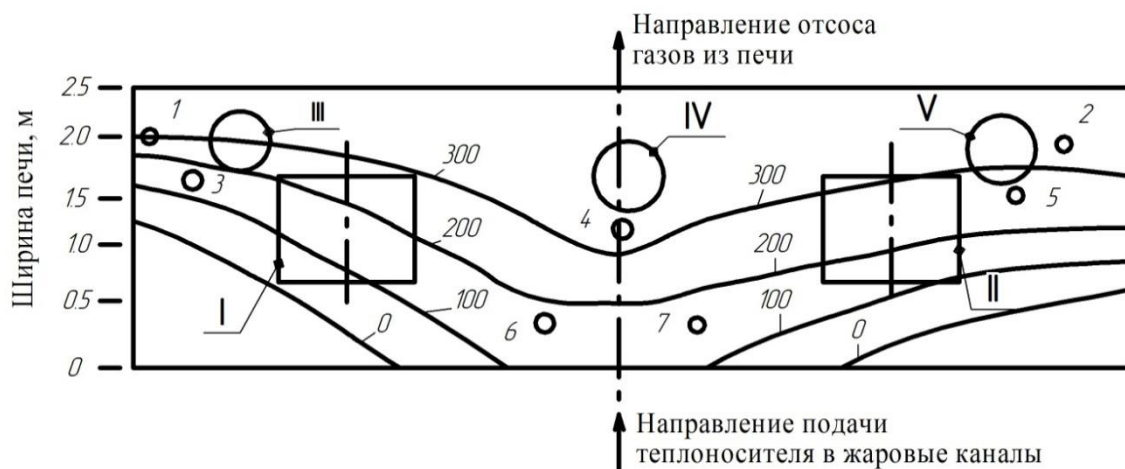


Рис. 2. Изменение температурных полей по сечению шахтной печи на уровне засыпи материалов.

Цифры у кривых – температура, °C; I, II – загрузка шихты; III, IV, V – отсос газов

Результаты горизонтального зондирования температурного поля и уровня разрежения по жаровым каналам (рис. 3) позволили установить существенную неравномерность распределения газов по их длине, обусловленную недостаточной энергией подачи теплоносителя. (Отсутствует нижнее управление печью.) Существующий организованный отсос газов из слоя над его поверхностью не обеспечивает необходимого перераспределения теплоносителя по сечению печи (плохо организовано управление по верху агрегата).

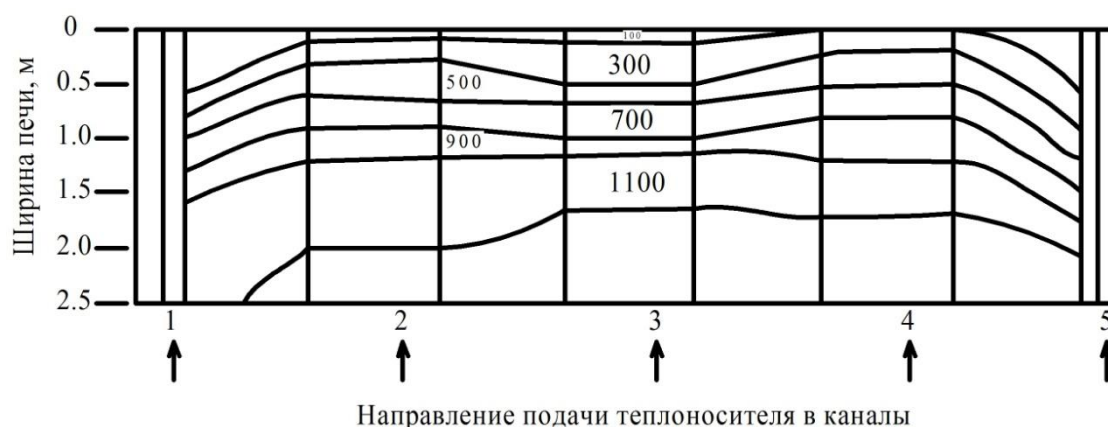


Рис. 3. Изменение температурных полей по сечению шахтной печи на уровне жаровых каналов. Цифры у кривых – температура, °С

Для улучшения тепловой и газодинамической работы шахтной печи необходимо обеспечить возможность равномерного распределения горячих газов по длине каждого канала с использованием отдельных интенсификаторов движения (установка отдельных управляемых горелочных устройств на каждый канал или введение в канал интенсификаторов движения в виде кинетической струи). За счет кинетической энергии газов они равномерно распределяются, обеспечивают повышение качества обжига исходных материалов. Организация управляемого отсоса газов из надслоевого пространства с помощью отдельных газовых каналов, соединенных с дымососом через шибер, способна реализовать повышенную равномерность распределения газов по объему печи.

Список использованных источников

1. Бланк М.Э., Жунев А.Г., Юрьев Б.П. Обжиг сидеритовой руды в шахтной печи // Металлург. 1985. № 9. – С. 12–14.

УДК 662.74

И. П. Лазебный, О. К. Кордюмов, П. В. Осипов

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КАМЕННОГО УГЛЯ В ИНЕРТНОЙ И ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Аннотация

В данной работе рассмотрен процесс конверсии каменного угля в среде Ar и смеси O_2/N_2 . Образцы разогревались в указанных средах в печи термогравиметрического анализатора со скоростью 10 и 20 К/мин до температуры 1173 К. Полученные термограммы позволили оценить стадии протекания процесса и их температурные границы, рассчитать скорость убыли массы. Результаты могут быть использованы при моделировании процессов пиролиза и горения частиц угля в теплотехнических устройствах.

Ключевые слова: термогравиметрический анализ, уголь, аргон, воздух, пиролиз.

Abstract

The coal conversion process in Ar and O_2/N_2 atmosphere was studied. Coal samples were heated in the thermogravimetric analyzer at different heating rates 10 and 20 K/min up to 1173 K. Based on the experimental results, process stages and its temperature ranges were obtained, reac-